

ОСОБЛИВОСТІ УСПАДКУВАННЯ СТІЙКОСТІ ДО ФУЗАРІОЗНОЇ ГНИЛІ СТЕБЛА КУКУРУДЗИ

Л.М. Чернобай, В.П. Петренкова, М.О. Фаррахова
Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва УААН

Виявлена закономірність успадкування стійкості кукурудзи до фузаріозної гнилі стебла в залежності від анатомо-морфологічних особливостей його будови, біохімічних показників та фенологічних даних, зв'язок стійкості з елементами продуктивності та закономірності успадкування її гібридами. Розроблена аналітична модель стійкого до збудника хвороби гібрида кукурудзи з визначеними параметрами.

Кукурудза, лінія, гібрид, фузаріозна стеблова гниль, стійкість, закономірності успадкування

Для отримання стабільних урожаїв зерна кукурудзи важливим є зведення до мінімуму втрат, викликаних ураженням хворобами. Однією з найбільш шкодочинних хвороб кукурудзи в світі, а також в Україні, є фузаріозна стеблова гниль. Вона призводить до значних втрат урожаю при механізованому збиранні, знижує якість зерна. Створення і впровадження у виробництво стійких гібридів – один з основних шляхів захисту рослин від ураженості хворобами. Пріоритетним напрямом є створення стійкого або толерантного до збудника хвороби вихідного матеріалу. Труднощі селекції на стійкість до цього захворювання обумовлені необхідністю вивчення великої кількості матеріалу для добору трансгресивних за стійкістю форм та поєднання з небажаними ознаками (низькою урожайністю, пізньостиглістю). Резистентність до цього захворювання коливається залежно від погодних умов та варіює за роками [1].

Для вирішення проблеми стійкості вихідного матеріалу до фузаріозної стеблової гнилі необхідні знання щодо закономірностей успадкування стійкості.

За літературними даними, стійкість кукурудзи до збудника стеблової гнилі контролюється системою полігенів з адитивною і

неадитивною дією. Виявлено значні відмінності в ураженості гібридів в залежності від добору ліній для їх синтезу [2].

Результати наших досліджень свідчать, що в більшості випадків відносна стійкість до фузаріозної гнилі стебла є кількісною ознакою і забезпечується полігенно. Тому в селекції для надійного успадкування стійкості нащадками бажано при рекомбінації накопичувати в одному генотипі гени, що забезпечують різні механізми стійкості.

Оптимальним шляхом забезпечення стійкості до стеблової гнилі гібридами F_1 є індивідуальний добір батьківських форм з високою специфічною комбінаційною здатністю за ознакою стійкості [3].

Однак рівень стійкості батьківських самозапилених ліній не завжди є надійним критерієм прогнозування стійкості гібридів, оскільки при схрещуванні ліній з однакоим рівнем стійкості отримані гібриди часто характеризувалися різною стійкістю.

Foley D.C., Clag K.R. встановили, що співвідношення стійких і сприйнятливих гібридів в комбінаціях, які були утворені в результаті схрещувань стійких батьківських форм та різних за стійкістю батьківських форм, майже однакова, що дає змогу говорити про незначний вплив батьківських генотипів на ознаку стійкості [4].

Іншими авторами визначено, що в результаті схрещувань стійких ліній з лініями, нижчими за стійкістю (середньостійкими і сприйнятливими), серед гібридних потомств F_1 не отримано форм зі стійкістю на рівні стійких батьків. Це свідчить про те, що в результаті рекомбінації генетичного матеріалу відбувалося порушення збалансованої полігенної системи забезпечення стійкості. Доля стійких гібридів, отриманих у різних варіантах, не залежала від варіанту батьківської пари. Вплив батьківських генотипів на ознаку „стійкість до фузаріозної стеблової гнилі” гібридних потомств F_1 у межах досліді був незначним, коефіцієнт кореляції становив 0,464 для материнських форм [5].

Кореляційний аналіз не виявив достовірного зв'язку між урожайністю і стійкістю до вказаної хвороби, що свідчить про можливість створення гібридів, у яких поєднуються водночас ознаки продуктивності і стійкості [6-7].

Розуміння природи хвороби і зональної значимості пріоритетних ознак (селекційних та імунологічних) при доборі батьківських форм значно розширює можливості використання джерел різного рівня стійкості і продуктивності [8].

Вченими виявлені залежності стійкості до фузаріозної гнилі стебла від механічних структур стебла та його опору (щільності

паренхіми, товщини та міцності перидерми, розташування провідних пучків); від розвитку та глибини проникнення кореневої системи.

Враховуючи біологічні особливості збудника фузаріозної стеблової гнилі, ефективним напрямом селекції на стійкість може бути посилення механічних структур і опірності тканин стебла, особливо після стиглості зерна [3].

Була виявлена залежність стійкості від біохімічного складу стебла. За літературними даними, виявлено позитивну кореляцію між вмістом білка в насінні і стійкістю кукурудзи до збудника стеблової гнилі. Виявлена також залежність стійкості від відсоткового вмісту лігніну, целюлози, вільних амінокислот та цукрів [2].

Виявлені залежності стійкості від типу чоловічої цитоплазматичної стерильності [9]. Доведена залежність стійкості від тривалості вегетаційного періоду [1].

Отже, дослідження особливостей успадкування стійкості мають неоднакові результати і механізми успадкування стійкості різні вчені трактують по-різному, тому ці дослідження ще потребують додаткового вивчення і роз'яснень.

Досліди проводили в 2005-2007 рр. у польових умовах на фітопатологічній ділянці площею 0,5 га Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва УААН. Ділянки дворядкові, розміщення рослин 70x70 см, площа ділянки 9,8 м². Висівали зразки ручними саджалками. Догляд за посівами включав дворазову культивуацію та ручну прополку з проривкою. Зараження проводили за вдосконаленою методикою Г. Грисенка, Є. Дудки внесенням в друге-третє міжвузля стебла інфікованих сумішшю грибів зерен вівса на 7 добу від початку фази цвітіння качанів за допомогою інкулятора [10].

У дослідженнях використовували 42 інцухт-лінії кукурудзи, створені у відділі селекції кукурудзи Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва УААН та 3 тестерні лінії кукурудзи: стійка лінія УХ 126 МВ, сприйнятливі лінії Т 22 та ГК 26. Випробовувалося 120 гібридів за участю нових ліній. Диференціація зразків кукурудзи проведена за рівнем ураження об'єму пошкодженої тканини міжвузля збудником фузаріозу з урахуванням довірчого інтервалу НІР.

В наших дослідах визначено вегетаційний період, морфологічні, біохімічні, господарські ознаки, ряд механічних структур стебла ліній і гібридів кукурудзи. Оцінювали господарські та анатомо-морфологічні ознаки за „Класифікатором-довідником роду *Zea mays* L.” [11] та „Методическими указаниями” [12]. Біохімічні дослідження проводили за А. Ермаковим [13].

Для обґрунтування матеріалу використовували кореляційний, кластерний та системний аналізи [14].

Для того, щоб коефіцієнти чистої регресії можна було безпосередньо порівнювати між собою, усі змінні кількісного рівняння регресії виражали в долях середнього квадратичного відхилення, тобто отримували стандартизовані коефіцієнти регресії – бета-коефіцієнти [15].

Визначали вплив фактора на залежну змінну. При меншому впливі залежна змінна менш піддана коливанням, не пов'язаним з їх зміною. Тісний зв'язок характеризується показником, який при парній лінійній кореляції називається парціальним коефіцієнтом [15].

Розроблена геометрична і аналітична модель залежності ступеня стійкості гібрида від стійкості материнської форми та проявлення її донорських властивостей в гібриді, яка дозволяє визначати оптимальні варіанти добору батьківських пар для створення гібридів кукурудзи, стійких до фузаріозної стеблової гнилі.

Погодні умови в роки досліджень характеризувалися мінливістю. Період сходи-листоутворення у 2005 році був переважно теплим, сонячним, із зливовими дощами в першій декаді травня. Червень виявився прохолодним, кількість опадів склала 56% місячної норми, у другій декаді липня опади носили зливовий характер, у серпні опадів випало лише 40% від норми. Осінь була теплою та посушливою. Травень 2006 року був досить прохолодним та посушливим. У червні-серпні при температурі, вищій за середню багаторічну, опади були дуже нерівномірними, мали зливовий характер та чергувалися з посухами.

Середня за травень 2007 р. температура повітря становила +17,0...+18,5°C. Мінімальна температура повітря відмічалась у першій декаді і знижувалась до -0...-3°C на поверхні ґрунту. Червень 2007 р. через підвищений температурний режим першої та другої декад виявився майже на 2°C теплішим звичайного. Дощі локального характеру різної інтенсивності та тривалості спостерігалися переважно у другій та третій декадах червня. Протягом 16 – 18 днів відмічалися грози, в окремі дні шквали, подекуди град. Погода липня була жаркою із зливовими дощами переважно в першій та третій декадах.

Рівень інфекційного фону в роки досліджень становив: 45% у 2005 році, 60% у 2006 році, 45% у 2007 році.

Досліджено генетичну природу стійкості до фузаріозної стеблової гнилі методом системного аналізу за сукупністю показників стійкості та господарських ознак.

Вивчено стійкість 42 нових ліній та 84 простих гібридів F_1 і F_2 з тестером УХ 126 та 84 гібриди F_1 з тестерами Т 22 і ГК 26. Враховували анатомо-морфологічні, гістологічні характеристики, елементи структури врожаю та біохімічні показники.

Вивчення матеріалу показало наявність слабких, але достовірних кореляційних залежностей між тривалістю періоду посів-сходи і ураженістю стебловими гнилями (у ліній $r = 0,45$, у гібридів $r = 0,34$), висотою прикріплення качана і ураженістю гнилями ($r = 0,48$, $r = 0,36$), товщиною паренхімного шару і ураженістю гнилями ($r = - 0,45$, $r = 0,62$) та інші.

Ретельне вивчення матеріалу методом кластерного аналізу дозволило розподілити досліджувані лінії за рівнем ураження збудником фузаріозу на 5 кластерів в залежності від анатомо-морфологічних, біохімічних та фенологічних особливостей материнських форм та їх гібридів. Найбільший відсоток ліній увійшов до третього кластеру – 33%, до першого – 29%, найменшу кількість ліній – 10% – віднесено до другого кластеру. До четвертого та п'ятого увійшла однакова кількість ліній – по 14% (рис. 1).

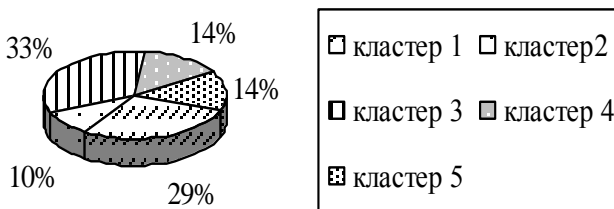


Рисунок 1. Розподіл материнських ліній на кластери у відсотках 2005-2007рр.

Кластери характеризувалися наступним проявом ознак у ліній кукурудзи:

- лінії першого кластеру невисокі з низьким прикріпленням качана і діаметром стебла (2,1-3,0 см), мають тонку перидерму (0,5-1,0 мм) та паренхіму (до 7 мм), велику кількість провідних пучків. Вони відрізняються дуже короткою тривалістю періоду “сходи-цвітіння” (51-60 діб) та короткою тривалістю періоду “цвітіння-воскова стиглість зерна” (41-50 діб). Відсоток лігніну, целюлози та золи – дуже низький (менше 20%, 32-34%, 2-3%, відповідно). Качани з малим числом рядів (10-12 шт.) та зерен у ряді (16-25 шт.), озерненість качана низька (101-200 шт.), малий діаметр (2,1-3,0 см) та довжина качана (до

10 см), низька продуктивність (до 50 г зерна з рослини) та маса 1000 зерен (до 200 г). Лінії цього кластеру мають низьку ураженість та утворюють стійкі гібриди з лініями УХ 126, Т 22, ГК 26. До першого кластеру належать 29% досліджуваних ліній (рис. 2, тип 1);

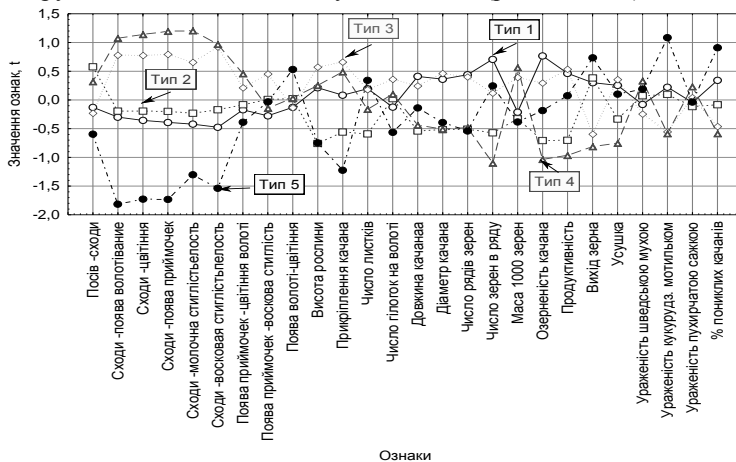


Рисунок 2. Профіль ознак гібрида і материнської форми у різних типів за генетичною організацією процесів морфогенезу та онтогенезу в часі, 2005-2007рр.

- до другого кластеру віднесено лінії, які характеризуються середніми показниками морфологічних та гістологічних ознак, короткою тривалістю фенологічних фаз, високим вмістом золи (4-5%), середніми показниками елементів продуктивності (крім високого показника діаметру качана - 4,1-5,0 см). Ураженість ліній цього типу низька, сприйнятливість їх гібридів з УХ 126 дуже висока (до 50%), а з лініями Т 22, Гк 26 – на рівні материнських форм. До цього кластеру належать 10% вивчених ліній (рис.2, тип 2);

- до третього кластеру належать 33,3% материнських ліній з високими показниками морфологічних ознак, потовщеною перидермою (більш 1,51 мм) та паренхімою (більше 9,01 мм), середньою кількістю провідних пучків, досить тривалими періодами “сходи-цвітіння” та “цвітіння-воскова стиглість зерна” (більше 71 доби), низьким відсотком лігніну (менше 20%) та золи (2-3%) і середнім – целюлози (35-40%). 3 елементів продуктивності високими показниками визначаються діаметр качана (4,1-5,1 см), число рядів зерен (18-20 шт.), зерен в ряду (26-30 шт.), озерненість качана (400-500

шт.). Ураженість материнських форм низька, сприйнятливість їх гібридів з УХ 126 – вища за середню (до 28%), а з лініями Т 22, ГК 26 – нижча за материнські форми (рис. 2, тип 3).

- четвертий кластер об'єднує 14% ліній, що характеризуються середнім та низьким значенням морфологічних та гістологічних ознак, коротким періодом “сходи-цвітіння” (51-60 діб) та середньою тривалістю періоду “цвітіння-воскова стиглість зерна” (51-60 діб), високим вмістом лігніну (вище 30%) та низьким відсотком золи (2-3%) і середнім – целюлози (35-40%). З елементів продуктивності високими показниками визначаються довжина качана (15-18 см), маса 1000 зерен (251-300 г). Ураженість материнських форм середня, сприйнятливість їх гібридів з УХ 126 – вища за середню (до 28%), а з лініями Т 22, ГК 26 – значно нижча за материнські форми (рис.2, тип 4).

- п'ятий кластер включає 14% ліній, що мають середні значення морфологічних та гістологічних ознак, характеризуються тривалим вегетативним періодом, середнім вмістом лігніну (20-30%) та низьким відсотком золи (2-3%) і середнім – целюлози (35-40%). З елементів продуктивності високими показниками визначається маса 1000 зерен (більше 300 г), всі інші ознаки мають дуже низьке значення, але в гібридах продуктивність та її елементи на високому рівні. Ураженість материнських форм висока, сприйнятливість їх гібридів з УХ 126 та Т 22 - на рівні материнських форм (40 та 38, відповідно), а з лінією ГК 26 – значно нижча за материнські форми (рис.2, тип 5).

Таким чином, в результаті аналізу серед 5 кластерів виділено третій кластер з найбільш важливими для селекційної практики ознаками, до якого входять стійкі до фузаріозної стеблової гнилі материнські лінії кукурудзи з високими морфологічними, гістологічними ознаками, досить тривалим періодом “сходи-цвітіння” та періодом “цвітіння-воскова стиглість зерна”.

Проаналізовано проявлення донорських властивостей материнських форм (42 нові селекційні лінії) за стійкістю до фузаріозної стеблової гнилі у створених з ними 120 гібридах від різних батьківських форм (лінії УХ 126, Т 22, ГК 26).

Досліджено 12 ліній першого кластеру – стійкі, утворюють стійкі гібриди зі всіма батьківськими лініями УХ 126 (стійка), Т 22, ГК 26 (сприйнятливі).

Чотири лінії другого типу сприйнятливі до фузаріозної стеблової гнилі, ураженість гібридів, отриманих від їх схрещування з лінією УХ 126, дуже висока (до 50%), а з лініями Т 22, ГК 26 – на рівні материнських форм.

Ураженість 14 материнських ліній третього кластеру низька. Ураженість гібридів отриманих від схрещування цих ліній з УХ 126 – вища за середню (до 28%), а з лініями Т 22, ГК 26 – нижча за материнські форми.

Середньостійкими є 6 материнських ліній четвертого кластеру, ураженість їх гібридів з УХ 126 – вища за середню (до 28%), а з лініями Т 22, ГК 26 – значно нижча за материнські форми.

Шість материнських форм п'ятого кластеру високосприйнятливі, ураженість їх гібридів з УХ 126 та Т 22 на рівні материнських форм (40 та 38% відповідно), а з лінією ГК 26 – значно нижча за материнські форми.

Виявлено незначний материнський ефект за ознакою стійкості у вивчених гібридів. Найбільш стійкі гібриди отримано з тестером ГК 26.

На рисунку 3 показана залежність проявлення донорських властивостей материнської форми від природи батьківської лінії.

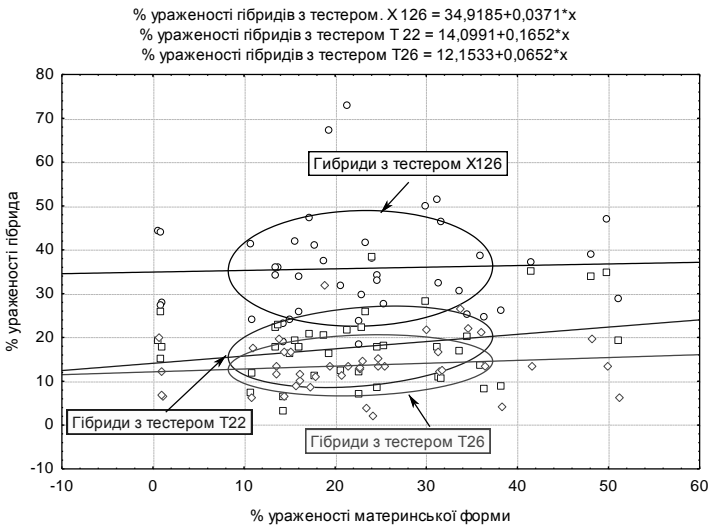


Рисунок 3. Залежність проявлення донорських властивостей материнської форми від природи батьківської лінії, 2005-2007 рр.

У гібридів спостерігається слабкий материнський ефект, на що вказують лінії регресії. У гібридів з тестером Т 22 материнський ефект найбільш виражений, а у більшості гібридів з тестером УХ 126 майже відсутній. Слід відзначити, що переважна більшість гібридів, отриманих за участю стійкого тестера УХ 126, увійшла до групи

сприйнятливих. Гібридні потомства двох інших – сприйнятливих – тестерів утворили групи стійких (гібриди з ГК 26) і середньостійких (з тестером Т 22).

Геометрична і аналітична модель залежності ступеня стійкості гібрида від материнської форми та проявлення її донорських властивостей в гібриді представлена на рисунку 4. Ізолінії вказують на оптимальні варіанти підбору батьківських пар для створення гібридів кукурудзи, стійких до фузаріозної стеблової гнилі.

В аналітичній моделі залежності стійкості гібрида від морфогенетичної норми материнської форми виділені бета-коефіцієнти таких ознак: висота рослини (0,4), діаметр стебла (0,5), тривалість періоду “цвітіння-воскова стиглість” (0,55), відсотковий вміст целюлози (0,4), кількість рядів зерен (0,58) та кількість зерен в ряді (0,45), діаметр качана (0,6), які здійснюють прямий вплив на стійкість до фузаріозу стебла. Зворотній ефект мають озерненість качана (-1,75) та тривалість вегетаційного періоду (-0,5). Множинна кореляція всіх факторів на стійкість складає 0,6.

$$\% \text{ пор гібр.} \times 126 = 4,003 - 0,7616 * x - 11,3133 * y - 0,2026 * x * y + 1,07 * x * y + 6,4997 * y * y$$

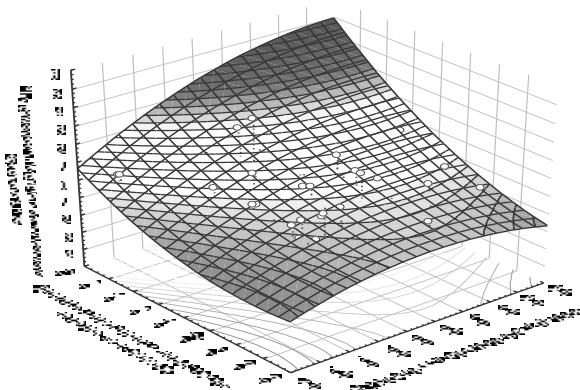


Рисунок 4. Геометрична і аналітична модель залежності стійкості гібрида від стійкості материнської форми та прояву її донорських властивостей у гібриді, 2005-2007 рр.

Методом розрахунку парціальних коефіцієнтів кореляції на стійкість гібрида виявлено прямий вплив висоти рослини материнської форми (0,25), відсотковий вміст целюлози (0,35) та діаметр качана (0,33). Від стійкості материнської форми ступінь ураженості гібрида залежить дуже незначним чином (коефіцієнт кореляції складає 0,05).

Негативні коефіцієнти кореляції отримано з показниками: висотою прикріплення качана (-0,18), товщиною перидерми, озерненістю качана, продуктивністю рослини (-0,15) та масою 1000 зерен (-0,22).

Коефіцієнт кореляції проявлення донорських властивостей материнської форми зі ступенем її стійкості складає -0,567, що достовірно вказує на незначний вплив материнського компоненту на стійкість гібрида, комплементарний тип успадкування ознаки стійкості.

Таким чином, в результаті проведених досліджень: виділено стійкі материнські лінії кукурудзи, що забезпечують гібридам стійкість або сприйнятливість близько середньої та високі показники продуктивності; виявлено незначний материнський ефект за ознакою стійкості у вивчених гібридів. Найбільш стійкі гібриди отримано з тестером ГК 26; визначено кореляцію між проявленням донорських властивостей материнської форми і ступенем її стійкості ($r = -0,567$), яка вказує на те, що ознака стійкості до фузаріозу має складний генетичний контроль; розроблено геометричну і аналітичну модель залежності ступеня стійкості гібрида від стійкості материнської форми та проявлення її донорських властивостей у гібриді. Модель дозволяє визначати оптимальні варіанти добору батьківських пар для створення гібридів кукурудзи, стійких до фузаріозної стеблової гнилі.

Бібліографічний список

1. *Боровская М.Ф., Матичук В.Г.* Болезни кукурузы. – Кишинев: Штиинца, 1990. – 280 с.
2. Информационный бюллетень по кукурузе. – Мартонвашар: НИИСХ ВАН, 1985. – №4. – 420 с.
3. *Чернобай Л.Н., Чупиков Н. М.* Устойчивость кукурузы к фузариозной стеблевой гнили и селекционные пути ее повышения // IX Всесоюзное совещание по иммунитету растений к болезням и вредителям. Тезисы докладов. – Минск: БНИИЗР, 1991. – С. 79-80.
4. *Foley D.C., Clar K.R.* Mechanical properties of maize stalk rot from the plant introduction, collection // Crop Science, 1984. – Vol. 24. – № 6. – P. 2-14.
5. *Кириченко В.В., Чернобай Л.М., Чупиков М.М.* Селекція кукурудзи на стійкість проти основних хвороб // Вісник аграрної науки – 2005. – № 10. – С. 36-38
6. *Рожанська Н.О.* Зв'язок стійкості до фузаріозу стебла з морфологічними ознаками та біологічними властивостями селекційного матеріалу // Бюллетень Інститута кукурузи. – Днепропетровск: Інститут кукурузи, 1993. – Вып. 77. – С. 69-70.

7. *Иващенко В.Г.* Некоторые особенности анатомического строения стебля кукурузы в связи с устойчивостью к полеганию и повреждаемостью кукурузным мотыльком. – Научно – технический бюллетень ВСГИ, 1976. – Вып. XXVI. – С. 56 -60.
8. *Галеев Г.С., Иващенко В.Г.* Эколого-генетическая экспрессия устойчивости кукурузы к стеблевым гнилям и ее использование в селекции на скороспелость и продуктивность // IX Всесоюзное совещание по иммунитету растений к болезням и вредителям. Тезисы докладов. – Минск: БНИИЗР, 1991. – С. 80-81.
9. *Черномиз А.М., Микуляк І.С.* Оцінка генотипів ліній кукурудзи за основними господарсько – цінними ознаками для практичної селекції // Селекція і насінництво, 2004. – Вип. 89. – С. 76-82.
10. *Чернобай Л.М., Петренкова В.П., Фаррахова М.О* Використання штучного інфекційного фону до фузаріозної стеблової гнилі в селекції кукурудзи на стійкість // Селекція і насінництво. - Харків, 2007. - Вип. 94. – С. 52-65.
11. Класифікатор-довідник роду *Zea mays*. – Харків, 1994. – 72 с.
12. Методические указания по технике анатомических исследований культурных растений / Христофорова Г.В. – Л.:ВАСХНИЛ.– 1981.– 66 с.
13. Методы биохимического исследования растений / под ред. *Ермакова А.И.* – Л.: Колос, 1972. – 456 с.
14. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Под ред. проф. *В.Е. Егорова*. – М.: Колос, 1965. – 423 с.
15. *Политова И.Д.* Дисперсионный и корреляционный анализ в экономике. Учебное пособие для экон.фак. с/х. вузов. – М.: Экономика, 1972. – 224 с.

Виявлена закономірність наслідування устойчивости кукурузы к фузариозной стеблевой гнили в зависимости от анатомо-морфологических особенностей строения стебля и биохимических показателей. Разработана аналитическая модель устойчивого к возбудителю болезни гибрида кукурузы с определенными параметрами.

There is revealed a peculiarity of maize resistance inheritance to *Fusarium* stem rot depending on anatomical – morphological special feathures of stem constitution and biochemical indices. There is developed the analytical model of the maize hybrid resistant to the causal agent with the definite parameters.